

УДК 355/359.07

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНА УПРАВЛЕНИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ СПЕЦИАЛЬНОГО
НАЗНАЧЕНИЯ В КРИЗИСНОЙ СИТУАЦИИ**

Щеблыкин А.Д.

сотрудник, ФГКВОУ ВО «Академия
Федеральной службы охраны Российской
Федерации».

Тел.: 8 (4862) 54-99-10

E-mail: alexshet281@mail.ru

Жердев Д.В.

сотрудник, ФГКВОУ ВО «Академия
Федеральной службы охраны Российской
Федерации».

Тел.: 8 (4862) 54-99-10

E-mail: volksjo@mail.ru

Хахамов П.Ю.

сотрудник, ФГКВОУ ВО «Академия
Федеральной службы охраны Российской
Федерации».

Тел.: 8 (4862) 54-99-10

E-mail: h7p2@yandex.ru

Аннотация. Для изучения функционирования органа управления организационно-технической системой специального назначения в кризисной ситуации необходимо разработать модель. Так как данный процесс является слабо формализуемым, в рамках данного исследования была разработана имитационная модель. Модель предназначена для проведения экспериментов с целью определения зависимостей и вычислением уравнений регрессии между временем выполнения управленческих задач и уровнем подготовки соответствующих должностных лиц.

Ключевые слова: имитационная модель, орган управления, организационно-техническая система, кризисная ситуация, система массового обслуживания, уравнение регрессии.

**A SIMULATION MODEL OF THE FUNCTIONING OF THE MANAGEMENT BODY OF
THE ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS SPECIAL PURPOSE IN A CRISIS
SITUATION**

Shcheblykin A.D.

Staffer

Academy of FGS of Russia,

Tel: 8 (4862) 54-99-10,

E-mail: alexshet281@mail.ru.

Gerdev D.V.

Staffer

Academy of FGS of Russia,

Tel: 8 (4862) 54-99-10,

E-mail: volksjo@mail.ru

Нахамов Р.Ю.

Staffer

Academy of FGS of Russia,

Tel: 8 (4862) 54-99-10,

E-mail: h7p2@yandex.ru

Abstract. To study the functioning of the management body of the organizational and technical system of special purpose in a crisis situation, it is necessary to develop a model. Since this process is poorly formalized, a simulation model was developed in the framework of this study. The model is designed to conduct experiments to determine the dependencies and calculate the regression equations between the time of performance of management tasks and the level of training of the relevant officials.

Keywords: simulation model, management body, organizational and technical system, crisis situation, Queuing system, regression equation.

В настоящее время крайне актуальным является вопрос формирования органов управления организационно-технической системой специального назначения (ОУ ОТС СН), создаваемых при возникновении кризисной ситуации (КС). Основными параметрами, которые определяют орган управления с организационной точки зрения, является его организационная структура и уровень подготовки должностных лиц, которыми этот ОУ укомплектовывается. Специфика данных органов управления состоит в том, что они формируются для выполнения каких-то конкретных задач и перестают функционировать после их разрешения, т.е. не являются штатными подразделениями. В рамках проводимого исследования введено допущение: орган управления решит весь комплекс управленческих задач с требуемым качеством. В таком случае показателем оценки функционирования ОУ будет являться время, затраченное на решение данных задач. Для исследования зависимости времени решения управленческих задач в КС от структуры и уровня подготовки ДЛ необходимо создать модель функционирования ОУ в КС. Для проведения исследования различных систем, а данный орган управления является сложной организационно-технической системой, в настоящее время используются различные модели [1, с. 17]. Это определено тем, что выбор метода исследования, как правило, неразрывно связан с выбором или разработкой соответствующей модели.

Модель – представление объекта, системы или понятия в некоторой форме отличной от формы их реального существования; средство, помогающее в объяснении, понимании и совершенствовании системы; инструмент, который используется для предсказания и сравнения. Данный инструмент позволяет логическим путем спрогнозировать последствия вариативных действий и с заданной точностью определить, какую альтернативу выбрать [2, с. 7].

Общими требованиями к моделям являются:

- 1) адекватность – достаточно точное отображение свойств объекта;
- 2) полнота – предоставление пользователю всей необходимой информации об объекте и его поведении в различных условиях обстановки [2, с. 12].

Модель должна определенным образом учитывать факторы, которые могут появиться и повлиять на функционирование ОУ в КС. Разработка адекватной модели – одно из важнейших условий корректности проведения исследования.

В силу того, что ОУ является сложной организационно-технической системой, далеко не все аналитические методы позволяют решать даже хорошо формализованные частные задачи математического моделирования. Известные математические модели, которые используются для этих целей (потокосные модели на графах, сети массового обслуживания и т.п.) позволяют получить лишь качественные выводы о процессах, которые возникают в ОУ в процессе его функционирования в условиях КС [3; 4]. В связи с этим,

имитационное моделирование в настоящее время находит все более широкое применение. Имитационная модель представляет собой алгоритмическое описание процесса функционирования органа управления на основе установленных статистических, аналитических и логических зависимостей. Данное описание предназначено для исследования реальных объектов путем численного эксперимента [1, с. 34].

Существуют развитые и апробированные технологии имитационного моделирования сложных систем различной направленности [2, с. 32]. Многие процессы, протекающие в ОУ ОТС СН ввиду особенностей предназначения, подобны процессам, происходящим в ОУ других систем, и могут моделироваться с использованием стандартных технологий моделирования. Однако ОУ ОТС СН в КС с заданными жесткими требованиями по своевременности и достоверности принятия решений и их реализации по управлению подразделениями в условиях КС имеют ряд существенных особенностей по сравнению с другими органами управления. Эти особенности нужно учитывать при разработке модели, кроме того, они не позволяют использовать широко известные модели и пакеты моделирования сложных систем.

При формировании и исследовании функционирования ОУ ОТС СН приходится разрабатывать не одну модель, а целую систему моделей, так как на каждом этапе синтеза (исследования) системы управления используются свои модели, отвечающие поставленным целям и задачам. Так на начальном этапе (этапе макропроектирования) требуется обобщенная модель, отражающая орган управления в целом. На стадии микропроектирования необходимы модели различных подразделений и элементов органа управления.

Создание многоуровневой комплексной и динамичной модели органа управления, включающей множество моделей, объединенных единством цели, исходных данных и общей идеологией решения задач ее построения и функционирования является одной из проблем теории и практики организационного проектирования. Уровни моделей определяются как иерархичностью построения ОУ, так и требуемой степенью детализации разработки элементов, из которых он состоит. Верхним уровнем такой модели должна быть макро модель органа управления, представляющая ОУ в целом как составную часть надсистемы – системы управления. Промежуточными уровнями должны стать модели составных частей органа управления (отделы, группы, отдельные должностные лица).

При создании модели ОУ ОТС СН в КС и проведении вычислительных экспериментов с созданной моделью необходимо определить следующие общие характеристики модели:

- структуру исследуемого органа управления;
- характер и порядок информационных потоков, циркулирующих в ОУ;
- перечень изменяемых параметров в модели ОУ.

Как уже было сказано, основным преимуществом имитационных моделей, по сравнению с аналитическими, является возможность решения более сложных задач. Имитационные модели позволяют легко учитывать наличие дискретных или непрерывных элементов, нелинейные характеристики, случайные воздействия и др. [2, с. 45].

При имитационном моделировании реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы во времени. Имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности

протекания во времени [2, с. 50]. Таким образом, разрабатываемая имитационная модель процесса функционирования ОУ ОТС СН в КС при решении разнородных задач является стохастической, дискретной, динамической моделью, предназначенной для оценивания вероятностно-временных характеристик процесса решения поступающих задач.

Согласно руководящим документам, определяющим требования к работе органов управления, выраженных в определенных значениях показателей вероятностно-временных характеристик функционирования как отдельных элементов ОУ так и ОУ в целом, в качестве показателя оперативности решения управленческих задач выступает показатель среднего времени решения задач и вероятности своевременного их решения [5, с. 238].

В основу разработанной имитационной модели положена система массового обслуживания (СМО). С точки зрения математического моделирования СМО различаются по особенностям трех их элементов: потока заявок, каналов обслуживания, очереди с ее дисциплиной.

Данная СМО имеет поток заявок, поступающих в систему за заданное время. В рамках определенных ограничений поток является стационарным, ординарным и без последствия, т.е. является простейшим. Простейшие потоки имеют важное прикладное значение не только по причине того, что имеют наиболее простую структуру, но и в силу ряда их свойств. Так, при взаимном наложении достаточно большого числа потоков, обладающих последствием (но стационарных и ординарных), получается суммарный поток, близкий к простейшему. Принятые ограничения позволяют достичь необходимой точности результатов моделирования и в тоже время избежать излишней вычислительной сложности. СМО является разомкнутой.

По каналам обслуживания система является многоканальной с каналами различной производительности, причем под каналами в данном случае понимаются должностные лица органа управления. В связи с этим необходимо учитывать человеческий фактор, поэтому система является с отказами и с восстановлением.

По дисциплине ожидания заявками обслуживания данная СМО является системой смешанного типа с ограничением на время пребывания заявки в системе (управленческой задачи в органе управления). Кроме того, это система является системой с абсолютным приоритетом. Выход из строя канала обслуживания и последующий ввод его в строй могут интерпретироваться как поступление в СМО заявки более высокого ранга и ее обслуживание [6, с. 205].

Так как ОУ состоит из определенного количества должностных лиц (ДЛ) и они имеют функциональные связи между собой, то данная СМО является многофазной. Поступающая в орган управления информация превращается в команды управления после последовательного прохождения всех задействованных подразделений органа управления.

Показатели эффективности различных СМО зависят от целей их функционирования. Выбор того или иного показателя эффективности зависит также от целей моделирования. Однако в данном случае с учетом того что СМО является многофазной основным показателем эффективности является вероятность того, что время решения управленческой задачи в органе управления не превысит заданного.

Многофазная система состоит из N фаз массового обслуживания. Каждая i -я фаза является системой массового обслуживания с z_i однотипными каналами. Интенсивность обслуживания заявки каналом i -й фазы равна μ_i .

Из внешнего источника в систему поступает простейший поток заявок с интенсивностью λ .

Внешний источник, из которого поступают заявки, а также выход системы, куда поступают обслуженные заявки, примем за нулевую фазу. Заявка не может обслуживаться в нескольких фазах одновременно и не может покинуть фазу необслуженной. Известна матрица вероятностей переходов заявок между фазами.

При составлении матрицы учтено, что заявка, обслуженная в i -й фазе, не может немедленно возвратиться на обслуживание в эту же фазу, т. е., что $w_{ii} = 0, i = 0, 1, 2, \dots, N$.

Предположим, что режим функционирования системы является стационарным.

Используем случайную схему моделирования. В соответствии с принципом Колмогорова показателем эффективности описанной системы является математическое ожидание T_c времени решения органов управления возникшей задачи [6, с. 223].

В качестве дополнительных показателей эффективности выступают математические ожидания времени пребывания задачи в i -й фазе $\bar{\tau}_i$ и в очереди i -й фазы $\bar{\tau}_{ож i}$ при каждом посещении задачей фазы, длина очереди задач в i -й фазе \bar{s}_i , число функционирующих и простаивающих каналов i -й фазы $\bar{k}_{обс i}$ и $\bar{k}_{пр i}$ соответственно.

Так как основной целью функционирования ОУ ОТС СН в КС является своевременное решение управленческих задач, целью работы имитационной модели является определение на основе статистических данных, накопленных в результате многократного прогона решения задач управления моделью, «узких» мест в функционировании и на этой основе предложение решения для устранения этих недостатков.

Исходными данными модели являются:

множество источников заявок на решение задач управления разделено на две группы: с приоритетом и без приоритета;

таймерные блоки;

блок очереди, причем в разработанной модели очередь может быть ограничена вышестоящим органом управления временем нахождения задачи в очереди (связано с потерей актуальности задачи);

должностное лицо (коммутатор), осуществляющее распределение поступающих задач для решения между ДЛ ОУ;

множество ДЛ ОУ, участвующих в решении задач управления и выступающих в роли линий задержки, величина которых зависит от уровня подготовки данных ДЛ (учитывая человеческий фактор, ДЛ могут временно исключаться из работы, этот факт обусловил выбор СМО с отказами и с восстановлением);

должностное лицо (коммутатор), осуществляющее сбор и обработку информации о решенных задачах ДЛ ОУ и представление ее руководителю;

блок приемника обслуженных заявок (руководитель, утверждающий принятые решения и разработанные документы).

За основу структуры ОУ была взята структура прототипа органа управления, разработанного по итогам учений и тренировок.

Блоки источников заявок. Основным элементом этих блоков является «Формирователь заявок». Настройками этого блока задается интервал времени между последовательными заявками. В модели интервал времени задается генератором интервалов времени между заявками в соответствии с планом-графиком выполнения задач должностными лицами функциональных групп.

Генератор. Разнородность управленческих задач, поступающих для решения в ОУ, реализуется за счет указания особенного свойства для каждой задачи (заявки) – ее веса. Веса заявок задаются генератором, формирующим случайное число, распределенное равномерно в интервале от 0 до 1, которое умножается на заданный максимальный вес.

Таким образом, задается и случайность этого параметра, с одной стороны, и управление этим параметром в зависимости от важности задачи, с другой стороны.

Основным показателем, рассчитываемым в модели, является время решения управленческой задачи, при этом вероятность решения всего комплекса задач в рамках требуемого, нормативного времени не должно превысить заданного значения.

Таймерные блоки. Набор статистики для времени обслуживания реализуется посредством двух таймерных блоков. Первый из них («Начало периода пребывания заявки в системе») инициирует начало отсчета, а второй (в блоке приемника заявок) останавливает таймер и записывает показатель времени в базу данных временных характеристик

Блок очереди. Реализует объединение путей поступления заявок и обслуживание их функциональными модулями. Процесс обслуживания имитируется как задержка заявки на определенное время. Дисциплина очереди FIFO (первым поступил - первым вышел), с учетом установленного приоритета. Емкость очереди бесконечна, но может быть искусственно ограничена требованиями вышестоящего руководства.

Кроме того, блок очереди является ценным источником статистической информации. В каждый момент опроса блок выдает необходимую информацию (количество заявок в очереди, ее длину), среднюю длину очереди и среднее время ожидания каждой заявки в очереди [7, с. 496].

Блок обслуживания. Включает в себя блоки обслуживающих устройств (должностных лиц). Имитацией обслуживания при этом является определенная задержка времени, необходимая для решения ДЛ управленческой задачи. Длительность обслуживания задается как входной сигнал блока обслуживания, источником которого является генератор времени обслуживания. Кроме того, в блоке учитывается приоритет пришедшей заявки (управленческой задачи). Этот учет проявляется в порядке обслуживания поступивших задач (заявок) [7, с. 497].

Блок приемника заявок. Является конечным пунктом назначения заявок. В нем установлен счетчик количества прибывших заявок. Это количество сравнивается с заданным перед началом эксперимента. Совпадение этих значений говорит о том, что все заявки обслужены и служит сигналом для окончания моделирования.

В результате работы модели получены зависимости ряда показателей от времени моделирования:

$$N = t_{\alpha}^2 \cdot \frac{p \cdot (1-p)}{\varepsilon^2} = 1,96^2 \cdot \frac{0,5 \cdot (1-0,5)}{0,001^2} = 3,8416 \cdot \frac{0,25}{0,0001} = 9604 \quad [8, \text{ с. } 213].$$

определено минимально необходимое количество прогонов в каждом наблюдении. При проведении эксперимента на модели число повторений было определено 10000.

В результате эксперимента были определены зависимости времени решения задач управления от уровня подготовки следующих должностных лиц органа управления: специалист планирования и управления применением подразделений (пунктир с точкой), заместитель начальника оперативной группы – начальник группы планирования и управления (пунктир), начальник оперативной группы (точки), определены уравнения регрессии для каждой зависимости и величины достоверности аппроксимации (Рис. 2).

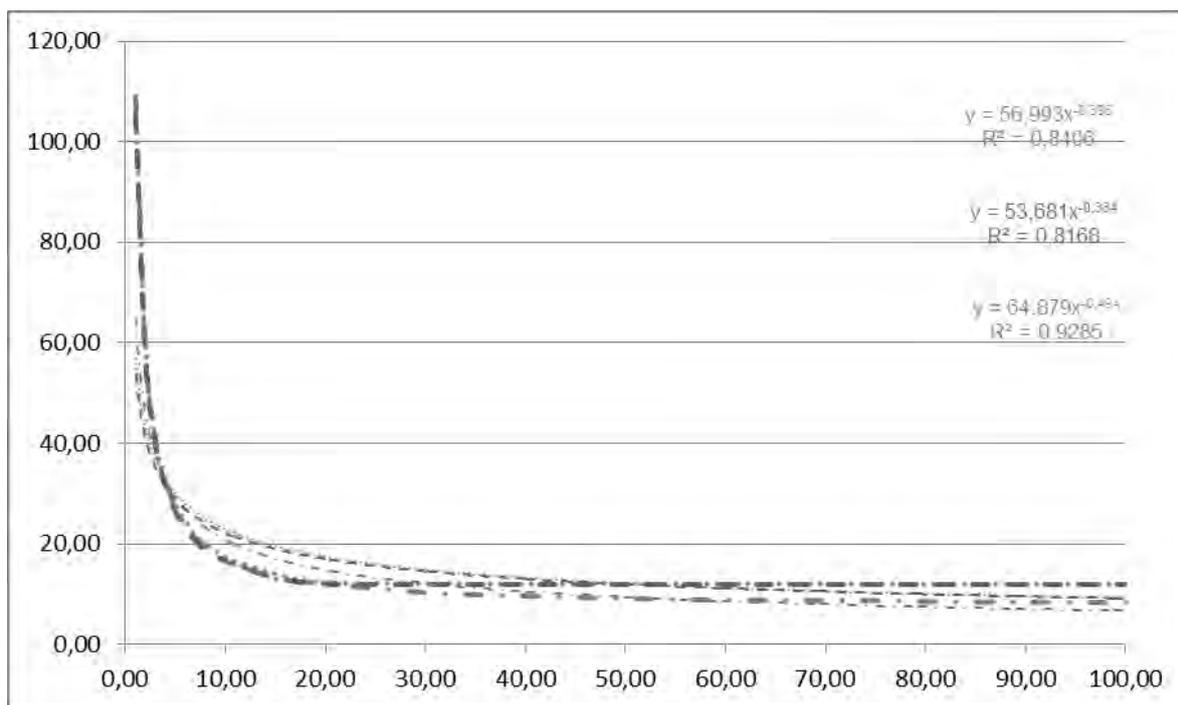


Рисунок 2 – Зависимость времени решения задач управления от уровня подготовки должностных лиц органа управления

Таким образом, разработанная имитационная модель отражает существенные свойства процесса функционирования ОУ ОТС в КС. Основной формой проявления внешних воздействий, учитываемых в модели, является резкое возрастание потока заявок (управленческих задач), имеющее вероятностный характер. Результаты моделирования являются основой для разработки методик формирования организационной структуры органов управления ОТС в КС и подготовки должностных лиц этих ОУ к выполнению задач по предназначению.

Литература

1. Пирогов Ю.А. Методология исследования систем и сетей военной связи: учебное пособие – СПб.: ВАС, 2016. 164 с.

2. Васильев, К.К., Служивый М.Н. Математическое моделирование систем связи: учебное пособие – Ульяновск: УлГТУ, 2008. 170 с.
3. Пылинский М.В. Особенности моделирования сети связи специального назначения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 10. С. 483 – 490.
4. Агалаков Ю.Г. Особенности моделирования телекоммуникационных компонентов автоматизированных систем управления // Информационные технологии и вычислительные системы. 2014. №2. С. 26 – 36.
5. Волгин Н.С. Исследование операций Часть 1: учебник – СПб.: ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 1999. 366 с.
6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979. 432 с.
7. Буренин А.Н., Легков К.Е., Оркин В.В. Вопросы применения имитационной модели при управлении функционированием информационной подсистемы автоматизированной системы управления сложными организационно-техническими объектами в условиях массовых возмущений // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 9. Ч. 1. С. 494-500.
8. Боев В.Д. Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: монография – СПб.: ВАС, 2011. 404 с.